

GEOGRAFÍA Y ORGANIZACIÓN TERRITORIAL

EL MERIDIANO CERO DEL *ORBIS TERRARUM* Y LA EXPEDICIÓN DE JUBA II A LAS AFORTUNADAS¹

Antonio Santana Santana

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente se ha aceptado el hecho de que la localización del meridiano principal, meridiano cero o meridiano de origen romano en las Islas Afortunadas, que identificamos con las Canarias centrales y occidentales (La Palma, La Gomera, El Hierro, Tenerife y Gran Canaria), comienza con los trabajos de Marino de Tiro (*Corrección del Mapa del Mundo*).² Sin embargo, en esta comunicación se defiende la hipótesis de que tal hecho se remonta a más de un siglo antes cuando, durante el principado de Augusto, se realiza el *Orbis Terrarum*, el Mapa Inventario del Imperio, más conocido como Mapa de Agripa. Es en el contexto de producción de este gran proyecto cartográfico, iniciado por César y culminado por Agripa y Octavio Augusto, en el que encuentra explicación la expedición realizada por Juba II, rey de Mauritania, a las Afortunadas en el último cuarto del siglo I a.C. con el propósito principal de establecer en ellas el meridiano principal. Plinio el Viejo transmitió un amplio resumen de los datos obtenidos por dicha expedición en su *Historia natural* (*nat.* 6.203) que, junto a los comentarios que también dedica a las *dos islas Hespérides* del Atlántico (Lanzarote y Fuerteventura) (*nat.* 6.201-202), constituye la mejor y la más amplia descripción verídica de las Islas Canarias hasta el Renacimiento, que incluye información sobre su posición precisa.

EL MERIDIANO PRINCIPAL DE LA CARTOGRAFÍA GRECOLATINA

La determinación del meridiano principal resulta básica para poder establecer una red de coordenadas latitud-longitud que, en su proyección sobre un mapa o el firmamento, permita fijar la posición de un lugar. Mientras que en latitud el Ecuador, como único círculo máximo, se define como el paralelo principal de las latitudes desde tiempos remotos,³ en longitud, donde todos los meridianos son círculos máximos, la determinación del meridiano principal es, por definición, arbitraria. Esto explica que, a diferencia de lo que sucede con el Ecuador, a lo largo de la historia de la cartografía grecolatina, la localización del meridiano principal haya experimentado cambios en su posición.

Según la tradición cartográfica, Dicearco de Mesina fue el primero que, en el siglo IV a.C., incluyó en su *Circuito de la Tierra* (*Períodos Géis*) un mapa de la Ecumene en el que representó el paralelo y el meridiano de Rodas. Timóstenes, en el siglo III a.C., situó en Rodas la rosa de los vientos aristotélica, reforzando así el prestigio de dicha isla como centro cartográfico de la Ecumene que establecía un Este y un Oeste.⁴ En el mismo siglo, Eratóstenes de Cirene establece en Alejandría el meridiano y el paralelo principal de su proyección y sitúa el “termino occidental de la Ecumene” a 2.000 estadios egipcios al Oeste de Promontorio Sagrado (Cabo de San Vicente), hacia el interior del Océano (aproximadamente 12° 20' O). Este hecho es un claro precedente de la necesidad que se planteó, desde este momento, de trasladar el meridiano principal hacia el Océano, fuera de las tierras emergidas, evitando con ello la existencia de longitudes Este-Oeste en el interior de la Ecumene, pues de este modo todas quedaban situadas al Este. Luego, tras los mapas de Agripa y de Estrabón a los que se

les reconoce unas características más descriptivas que métricas, hay que esperar hasta principios del siglo II d.C. en que Marino de Tiro construye un mapa ortogonal y traslada el meridiano principal a las Islas Canarias. Sin embargo, nosotros defendemos la hipótesis de que la localización del meridiano principal del Mapa romano de la Ecumene en las Islas Canarias es anterior en algo más de un siglo al trabajo desarrollado por Marino de Tiro y de que tal hecho no fue fruto de la decisión personal de un cartógrafo de prestigio, sino que se derivó de la conveniencia de establecer un nuevo origen de las longitudes para el *Orbis Terrarum*.

EL *ORBIS TERRARUM*

La decisión de construir un mapa romano de la Ecumene parte de Julio César,⁵ que ordena, en el año 44 a.C., el mismo año en que es asesinado, su puesta en marcha, prolongándose los trabajos de compilación, al menos, hasta el año 24 a.C., aunque se desconoce la fecha de la conclusión de los trabajos relativos a África (Dilke, 1985: 40). De este modo, no fue hasta el principado de Augusto cuando, bajo la dirección de Marco Vipsania Agripa, se concluyó este proyecto cartográfico antes de su muerte, acontecida en el año 12 a.C. Dicho mapa, que incluyó una memoria,⁶ por lo que se le conoce como el Mapa-Inventario del Imperio, fue concluido definitivamente por Augusto, aunque éste dejó el control material de su elaboración a Cayo Julio Higino (Dilke, 1985: 42). El proyecto finalizó con la realización de un gran mapa mural, no se sabe si pintado, grabado o en mosaico, que se instaló, por iniciativa de Pola Vipsania Agripa, hermana de Agripa, en el denominado Pórtico Vipsania, emplazado en la cara Este de la *Vía Lata*. La fecha de la realización material de los trabajos del pórtico es desconocida, aunque se sabe que en el año 7 a.C. se está trabajando en él (Dilke, 1985: 42). Estrabón, que escribe su *Geografía* entre el 9 y 5 a.C., parece que obtuvo de él sus imágenes de Italia, Córcega, Cerdeña y Sicilia, aunque Plinio es el escritor más antiguo que lo cita expresamente. Según O. Dilke (1985), Plinio no lo utilizó, lo que le hace suponer que el Pórtico no existiría cuando, al final de su vida (década de los setenta del siglo I d.C.) escribió su *Historia natural*; sí admite, sin dudas, que empleó su memoria, de la que obtuvo numerosas distancias. Sin embargo, el propio Plinio, al referirse a la situación de la población de Charax (Cárace), nos dice que “también el pórtico Vipsania la tiene por marítima” (*nat.* 6.139), comentario que, unido a las observaciones sobre la disposición oblicua de la costa atlántica africana y Sicilia, nos hace pensar que ve el mapa del Pórtico o alguna copia de él en la década de los años setenta del siglo I d.C.

Algunos autores suponen que la *imago mundi* representada en el *Orbis Terrarum* era rectangular, en proyección cilíndrica, con una red geográfica ortogonal, siguiendo el modelo definido desde Eratóstenes, pero otros (Olsen, 1934), entre los que nos incluimos, la imaginan de forma circular con la salvedad de que, en nuestro caso, pensamos que tal hecho no se fundamenta en una concepción plana y circular de la Tierra, sino que es producto de la utilización en su representación de una proyección acimutal oblicua que da lugar a un mapa plano y circular, con los meridianos y paralelos curvos.⁷ Así pues, la elaboración de un mapa plano y circular no se debe entender necesariamente como desconocimiento o ignorancia de la realidad, o como producto de una visión mítico-religiosa del mundo, sino como resultado de una opción por un determinado tipo de proyección cartográfica; el producto del empleo de un modelo cartográfico que utiliza una proyección acimutal, que da lugar a una imagen plana, como todos los mapas, y circular, como todas las proyecciones acimutales. En cuanto a su contenido temático, parece muy probable que el Mapa de Agripa contuviera indicación gráfica y toponímica de los mares, regiones, asentamientos de

población y las carreteras más importantes y que, posiblemente, contara con coordenadas en el sistema latitud-longitud e indicación de las principales distancias (Dilke, 1985: 42).

En cuanto a la hipótesis de que el *Orbis Terrarum* fuera el primer Mapa romano de la Ecumene que situara el meridiano principal en las Islas Canarias, y no el de Marino de Tiro, hay que señalar que, *a priori*, parece más probable que la decisión del cambio de localización, dada la larga tradición de situarlo en Rodas y la magnitud del cambio, estuviera más relacionada con los trabajos de producción de dicho mapa, de iniciativa imperial, que con una decisión personal de un determinado cartógrafo. Entendemos que esto fue así porque dicho cambio constituye una operación de tal envergadura que sólo se entiende si estuviera relacionada con una decisión del más alto nivel, ya que no sólo supuso introducir una novedad, que rompió con una vieja tradición cartográfica iniciada varios siglos antes por prestigiosos geógrafos, sino que debió generar un trabajo ingente, sólo asumible como una decisión jerárquica. Por ello, pensamos que la decisión de dicho cambio de posición del meridiano principal, dado el interés romano por contar con un mapa de la Ecumene, debió de ser tomada por el mismo Augusto, única persona con interés y autoridad suficientes como para promover tal revolución en la cartografía oficial romana y antigua durante este periodo, aunque posiblemente la iniciativa partiera de Agripa. En cuanto a la posibilidad de que la iniciativa partiera de César como promotor del proyecto inicial, hay que señalar en contra de ella el hecho de que la división del mundo entre los cuatro geógrafos griegos⁸ a los que se les encargó los trabajos de compilación se realizara a partir de Rodas parece apuntar más hacia la idea de que en un principio éste pensó en continuar usando el meridiano de Rodas como origen, y que por tanto la decisión de su traslado a las Islas Afortunadas fue posterior.

LA EXPEDICIÓN DE JUBA II DE MAURITANIA⁹ A LAS AFORTUNADAS

Para defender la hipótesis de que el *Orbis Terrarum*, y no el mapa de Marino de Tiro, fue el primer mapa en utilizar el meridiano de las Islas Canarias como meridiano principal nos apoyamos en dos argumentos fundamentales: a) el hecho mismo de la realización de la expedición de Juba II a las Afortunadas, cuyo propósito principal, en nuestra opinión, fue determinar su posición para utilizarlas como meridiano de origen, y b) la abundante y precisa información que Plinio el Viejo ofrece sobre la localización de las Hespérides y las Afortunadas, que es muy superior a la que aporta para otros lugares de la Ecumene.

Para nosotros, la expedición organizada por Juba II a las Afortunadas no se explica como resultado del azar ni del capricho de un exótico rey africano, sino que se enmarca en el contexto de producción del Mapa romano de la Ecumene y, en concreto, en el de la conveniencia de situar el meridiano principal en el “término occidental de la Ecumene”, en el Océano, fuera de las tierras emergidas con el propósito principal de evitar así la existencia de coordenadas Este y Oeste.¹⁰ Ésta debió de ser la principal razón que impulsó al rey mauritano a explorar las Islas Afortunadas, seguramente por orden del propio Augusto con el fin de conocer su posición precisa, completar el mapa de la Ecumene por Occidente y utilizar dichas islas como origen para el cálculo de las longitudes por su posición extrema occidental dentro de la Ecumene, además del interés personal de reconocer y ampliar el extremo occidental de su reino (Figura 1).

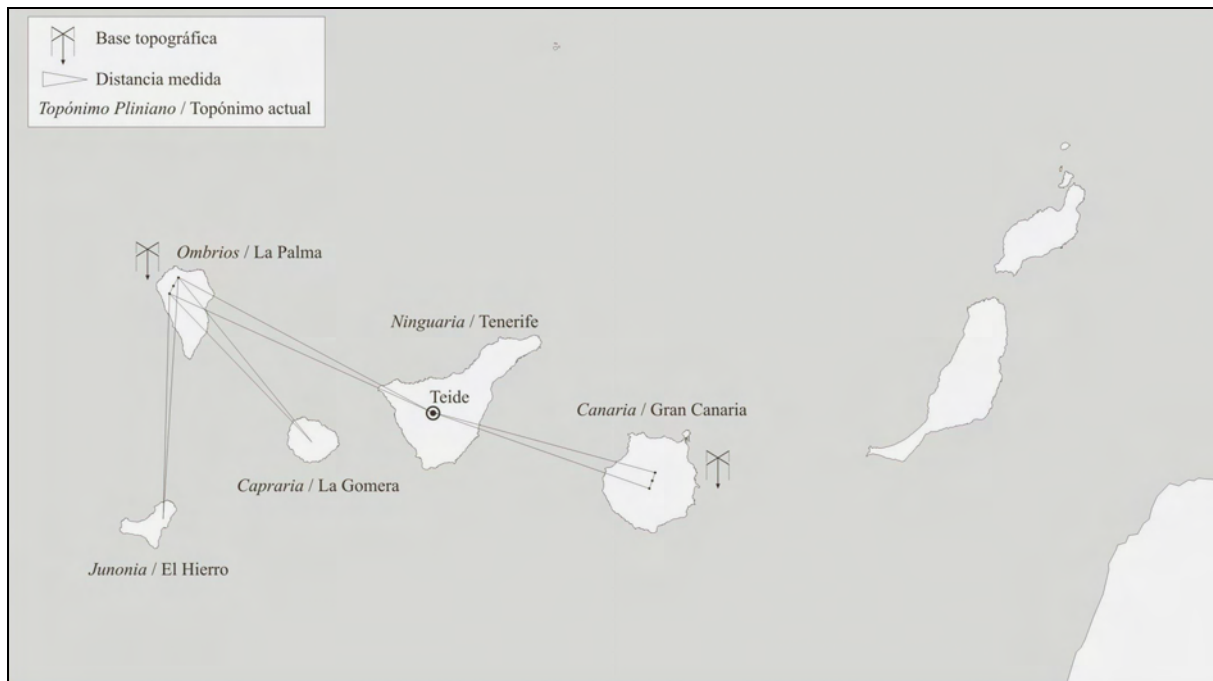


Figura 1. Plan hipotético de medición de las Afortunadas de Juba II.

Por todo ello, pensamos que la expedición de Juba II a las Afortunadas fue un encargo directo del propio Augusto, tal y como hiciera con la redacción del libro sobre Arabia con motivo de la expedición del hijo adoptivo de Augusto, Cayo Julio César, contra los árabes y nabateos, y no una decisión personal. De este modo, la descripción de las Afortunadas realizada por la expedición de Juba II debe entenderse no como un hecho aislado sino como parte fundamental del proyecto de producción del mapa romano de la Ecumene. Éste es el motivo principal por el cual creemos que fue consignada con tanto detalle por Plinio el Viejo quien, en este caso, actuaría como trasmisor, o tal vez “productor” de la “versión oficial resumida del extremo occidental” de la Ecumene basándose, como él mismo menciona expresamente (*nat.* 6.203), en los datos obtenidos por la expedición de Juba II y en informaciones de Estacio Seboso (*nat.* 6.201-202). Si esto hubiera sucedido en efecto, así, podría precisarse la fecha de la expedición; es decir, en el intervalo cronológico comprendido entre el 25 y el 12/7 a.C., y marcada por el comienzo del reinado de Juba II (25 a.C.), fecha *post quem*, y la muerte de Agripa y los trabajos de ejecución del Pórtico Vipsania, datados entre los años 12 y 7 a.C. respectivamente, que sería la fecha *ante quem*. De todo ello podría concluirse que la expedición de Juba II a las Afortunadas debió de producirse entre el 25 y el 12/7 a.C., posiblemente más próxima al primero, a comienzos de su reinado, en una etapa de reconocimiento y medición de su reino, y coincidiendo con la fase de expansión territorial del Imperio hacia el Norte y el Este.

Aunque todo lo que se diga hoy sobre las características de dicha expedición carece del debido apoyo documental, a falta del texto original o alguna noticia más amplia que la transmitida por Plinio, creemos que existe un mínimo de indicios que permiten imaginar, al menos de modo aproximado, como pudo haber sido. Lo más probable es que su organización, dado su carácter oficial y la experiencia e interés personal de Juba II por la empresa, fuera supervisada personalmente por él mismo en Iol-Cesarea y que para su planificación se documentara en los *Libri Punici*, en informaciones directas obtenidas de pilotos tingitanos, lixitas y gadiritas, con los que mantenía relaciones de patronazgo,¹¹ y en la consulta de fuentes romanas y griegas, entre las que destacarían los *Periplos* de Hannón y Polibio, aunque, sin duda, dada su experiencia, debió de consultar todas las fuentes existentes a su alcance.

Además, tras la expedición debió de elaborar con los datos registrados una descripción de las islas más amplia y detallada que la consignada por Plinio, que incluyera, entre otros aspectos, la medición del meridiano y el paralelo de las Islas y que por su carácter técnico fue ignorada por Plinio. Sin embargo, aunque se suele obviar, Pomponio Mela, algunos años antes que Plinio, transmite datos que debió de tomar del relato de la expedición, aunque se limita a un comentario fantástico sobre una característica particular de las aguas de dos fuentes¹² que, aunque con otra versión, se reconoce en la descripción de Plinio cuando comenta las propiedades de las cañahejas de *Ombrios* (*nat.* 6.203). De todas formas, el análisis comparativo de la obra de Plinio, amplia, exhaustiva, documentada y crítica, un trabajo que tiene un gran nivel de conocimientos y rigor científicos, dedicada además a Tito (*nat.* Prefacio, 1), con la de Mela, fantástica, muy al gusto del pueblo romano ávido de exotismo, a quien ofrece su obra (*a quienes la estudien.* MELA, 1.1), permite establecer marcadas diferencias *a priori* entre el rigor y la veracidad de ambas, muy superior en el caso de Plinio.

En el trabajo realizado junto a otros autores, ya mencionado (Santana, A., *et al.*, 2002a), en el que abordamos el análisis de la descripción de la costa noroccidental de África transmitida por Plinio, creemos haber argumentado suficientemente la hipótesis por la cual las Afortunadas plinianas se identifican con las Canarias centrales y occidentales (La Palma, La Gomera, El Hierro, Tenerife y Gran Canaria) y las *dos islas Hespérides* atlánticas con las dos islas canarias más orientales (Lanzarote y Fuerteventura), por lo que a él nos remitimos. Sin embargo, en este artículo queremos destacar algunos de los argumentos utilizados que refuerzan la hipótesis de que el objetivo principal de la expedición de Juba II fue establecer su longitud para usarla como meridiano principal del *Orbis Terrarum*. Nos referimos en concreto a la reconstrucción de la ruta y otros datos de localización que ofrece, y a la descripción que transmite, en especial, de las islas de *Ombrios* y *Canaria*.

En cuanto a la ruta, ya argumentamos (Santana, *et al.*, 2002a; Arcos *et al.*, 2004) la hipótesis de que la ruta que Plinio transmite se corresponde en realidad con la que, con rumbo *al mediodía cerca del Ocaso*,¹³ sitúa a la isla de *Ombrios/La Palma a 625.000 pasos* [937,5 km] *de las Purpurarias/Mogador, navegando 250.000 pasos* [375km] *sobre el Ocaso, y dirigiéndose, luego, al Orto 375.000 pasos* [562,5 km] y que, según argumentamos, se debe interpretar como la que une, en un primer tramo, Mogador¹⁴ con rumbo entre el Ocaso invernal (S70°O) y el Oeste (Ocaso equinoccial), *sobre el Ocaso*, con la Baja de Dacia (31° 00' N, 13° 30' O), para desde aquí seguir rumbo a La Palma, pasando por las Islas Salvajes, y que hacen los 625.000 pasos en total. Desde La Palma, el trayecto definido mediante la relación y descripción de las islas sigue un rumbo Oeste-Este, y finaliza en *Canaria*, que se identifica sin duda con Gran Canaria. Para nosotros, el problema de la interpretación del segundo tramo y su conclusión en La Palma, dado que carece de lógica que invierta el sentido y se dirija a la costa africana, se explica en un error de transmisión del texto mediante el cual se habría escrito, de forma abreviada, *al Orto* en lugar de *al Ocaso* en alguna de las primeras copias del manuscrito anteriores al siglo VI d.C., pues no se han descrito variantes del texto (Arcos *et al.*, 2004). A esto hay que unir el hecho de que La Palma es la primera isla descrita en el texto pliniano y que la ruta del Norte es la entrada natural al Archipiélago para una exploración con unos objetivos como los que tenía la de Juba II (Figura 2).

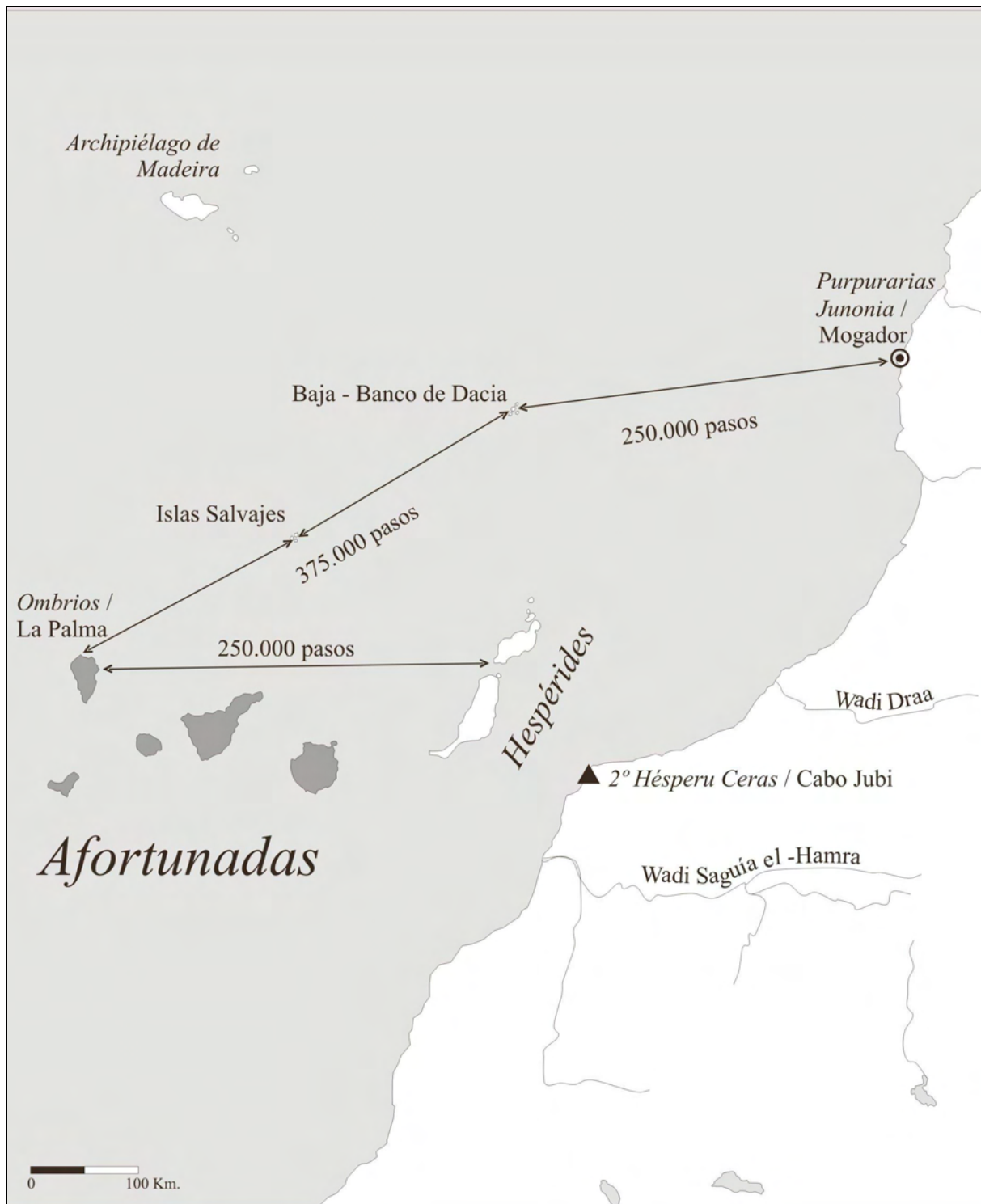


Figura 2. Localización de las Islas Afortunadas.

Pero además de la ruta, Plinio ofrece otros datos de localización que, interpretados como proponemos, conducen a localizar con precisión la isla de La Palma a 250.000 pasos “Desde éstas [Pluvialia/Lanzarote y Capraria/Fuerteventura] [...] frente a la parte izquierda de Mauritania hacia la octava hora del sol” (*nat.* 6.202); es decir, a una distancia de 375 km desde Lanzarote y un acimut con punto de origen en Mauritania o la Bética. La posición izquierda respecto a Mauritania es correcta si se lee un mapa norteado¹⁵ y el acimut marcado por la octava hora solar invernal, S50°O, corresponde con el rumbo aproximado en el que se

encuentran las Islas Canarias desde cualquier puerto del Golfo Hespérico (Gades, Tingi o Lixus).

En cuanto a las *dos islas Hespérides* (Lanzarote y Fuerteventura), Plinio las localiza siguiendo a Estacio Seboso, con cinco referencias diferentes (*nat. 6.201-202*): 1) a 40 días de navegación (2.000 km) de las *Górgades/Dos Bissagos*; 2) *hacia el Ocaso* [invernal] (Suroeste del Estrecho); 3) a 750.000 pasos desde *Junonia/Mogador*; 4) a 1 día de navegación de *Hésperu Ceras/Cabo Jubi* (aproximadamente 100 km); y 5) a 250.000 pasos de las *Afortunadas* (375 km). Es decir, su localización está contrastada con cinco observaciones tomadas desde el Sur, Este, Norte y Oeste respectivamente, con origen en las *Górgades/Dos Bissagos*, el Golfo Hespérico, *Junonia/Mogador*, *Hésperu Ceras/Cabo Jubi*, y La Palma, pudiéndose afirmar que son, junto a las *Górgades*, las islas del Atlántico y, quizás, de toda la Ecumene, mejor localizadas en la *Historia Natural* y, probablemente, en toda la Antigüedad (Figura 3).

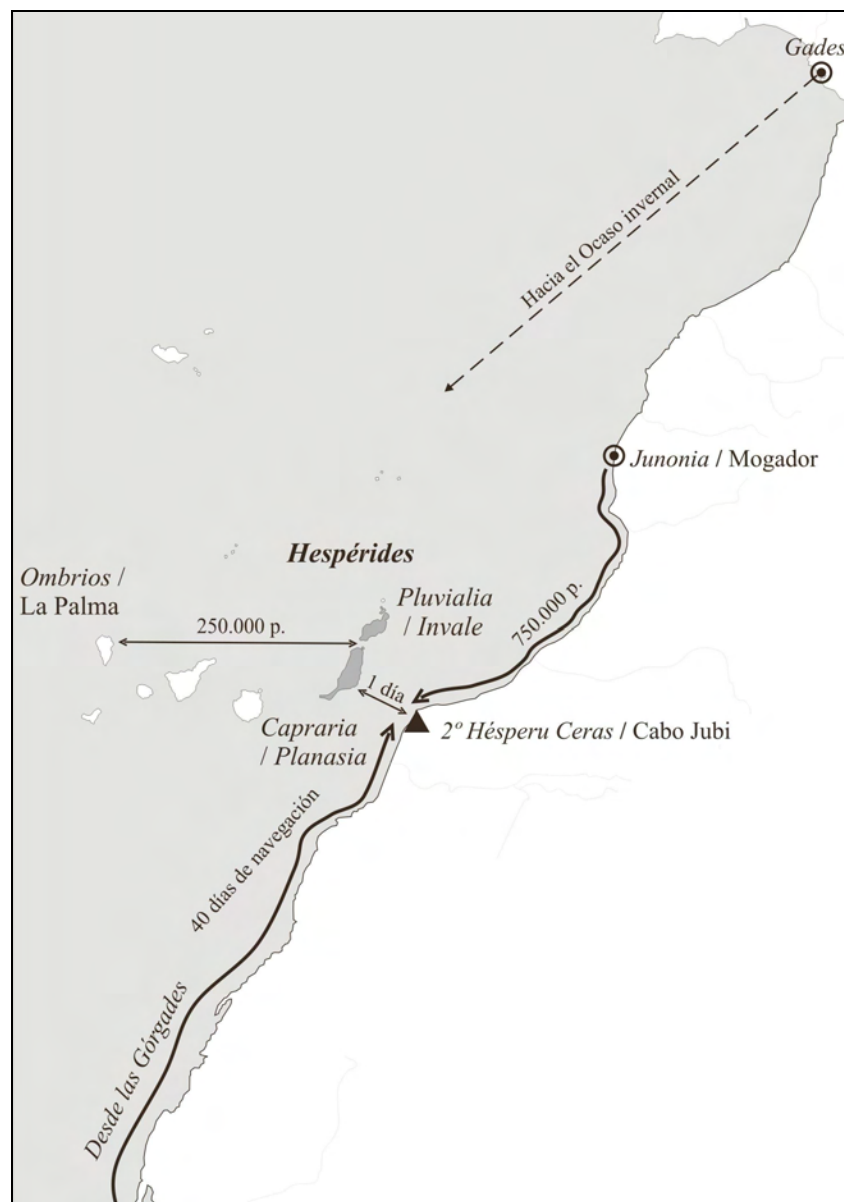


Figura 3. Localización de las dos islas Hespérides.

En relación a la abundante información que Plinio trasmite de *Ombrios* y *Canaria* pensamos que se explica por una prolongada estancia en ellas debida a la duración de las tareas propias de la medición de su posición. Según expusimos, la identificación de ambas islas no sólo da sentido y coherencia, junto a otros argumentos, tanto a la ruta realizada para llegar a ellas como al recorrido entre las islas, sino que además refuerza la idea de que la expedición no explora Lanzarote y Fuerteventura que se reconocerían como otro archipiélago distinto y serían bien conocidas para los habitantes de Mauritania. En este sentido expusimos que, como realizara L. Feuillée siglos más tarde y de otra manera, con otros instrumentos y desde otros puntos,¹⁶ la expedición de Juba II estableció bases topográficas tanto en La Palma como en Gran Canaria, desde donde midió las respectivas distancias a Tenerife, lo que explica la extensa descripción de ambas islas obtenida tras una larga estancia en ellas donde se recolectó material (“perros de enorme tamaño -de los que le fueron entregados dos a Juba”,¹⁷ *nat.* 6.204) y se hicieron observaciones sobre las características de determinados elementos naturales (aguas, cañahejas, lagartos, siluros, papiros, piñones, peces, etc.) que, con posterioridad, fueron seleccionadas según el gusto e interés de cada autor que toma los datos del informe como fuente para incluirlos en obras de carácter enciclopédico o divulgativo (*Corografía* de Mela, *Historia Natural* de Plinio, etc.).

En este contexto explicativo se entiende la amplia referencia que Plinio hace de *Ombrios* La Palma de la que señala que “tiene en sus montañas una laguna y árboles semejantes a la cañaheja, de los que se extrae agua, amarga de los negros, agradable de beber de los más blancos” (*nat.* 6.203). La laguna de *Ombrios* la identificamos con una laguna temporal que se produjo en el interior de la Caldera de Taburiente originada por el desprendimiento de un panel del escarpe del sector occidental de la pared del circo de la caldera en el lugar conocido como Risco Liso que obturó temporalmente el Río de Taburiente. Estudios geológicos recientes (Navarro, 1994) describen un desprendimiento que produjo la obturación temporal del drenaje de dicho arroyo, represando sus aguas y causando una deposición de sedimentos aluviales finos aguas arriba que formaron la denominada Playa de Taburiente. La juventud que se reconoce en dichos sedimentos y en la cicatriz del nicho de desprendimiento, que conserva el color claro característico de estos fenómenos, permiten afirmar que se trata de un evento geomorfológico reciente, que puede considerarse no muy alejado en el tiempo a la expedición de Juba II, y que fue observada por los expedicionarios. También, en el interior de la Caldera, debió de constatar la existencia de “árboles semejantes a la cañaheja”, cuyo jugo, similar en su fluidez al *agua*, tenía propiedades opuestas: “amarga de los negros, agradable de beber de los más blancos” (*nat.* 6.203). Sin embargo, unos 30 años antes de que Plinio escribiera la *Historia Natural*, Pomponio Mela (c 44 d.C.) sustituye, como ya señalamos, la referencia a las dos cañahejas transmitida por Plinio por otra sobre dos fuentes que producen efectos contrarios sobre la salud de quienes beben sus aguas: “los que han probado una mueren de risa, así para los afectados por este mal el remedio es beber de la otra” (MELA 3.102). Por ello, creemos que, posiblemente, en el informe original de la expedición de Juba II debían de constar ambas variantes, o algún comentario más general que el de la laguna y las dos cañahejas que incluyera, quizás, la referencia a las propiedades medicinales de las aguas y las plantas de la Caldera de Taburiente, como era normal en la *autopsía* helénica, seleccionándose posteriormente una u otra anécdota en función de las preferencias o gustos del compilador o comentarista.

La veracidad de esta referencia a la existencia de fuentes-cañahejas de distintas propiedades se ve reforzada con la descripción que en el siglo xvii hace J. de Abreu Galindo (1977 [1632]: 285) y los análisis recientes de las aguas de la Caldera. Abreu aporta una amplia información relativa a la existencia de aguas de propiedades distintas en el interior de

la Caldera de Taburiente que, sin duda, se debe identificar con el relato transmitido por Mela/Plinio de las dos fuentes-cañahejas. Así, señala que en la caldera existen muchas aguas

que se juntan todas en un arroyo, que sale por la boca de esta caldera, [...]. Esta agua es muy enferma, no por serlo toda, sino por juntarse la mala con la buena; porque el agua que nace en Ajerjo, [...], es gruesa, de mal sabor y mal nutrimento [...]. Pero la agua que nace a la banda del Norte y corre para el Sur, a juntarse con la agua mala, es admirable, si por sí, sin otra mezcla, se pudiese guiar fuera de esta Caldera (*sic*).

Por otro lado, los análisis químicos actuales confirman la existencia de aguas insalubres en la Caldera, cuyas características generales confirman las descritas por Abreu, y que contribuyen a identificar la referencia de las dos fuentes-cañahejas con propiedades opuestas de *Ombrios* con las aguas y la contaminación inducida por ella en las plantas. Así, los ríos de la margen izquierda de la cabecera,¹⁸ que confluyen en Dos Aguas con los que corren por la cuenca del Río de Taburiente para formar el Barranco de las Angustias, transportan aguas amarillentas, de mal sabor y olor, no aptas para el consumo humano de acuerdo a la actual *Reglamentación Técnico Sanitaria para el abastecimiento y control de las aguas potables de consumo público*.¹⁹ El análisis de las aguas en Ribancera y Dos Aguas constata la descripción de Abreu y confirma que se trata de aguas con parámetros fuera de los límites establecidos, siendo poco aceptables para el consumo humano y de mala calidad para el riego. Aunque en ambos casos pueden calificarse de aguas moderadamente dulces entran ya en zona salobre; poseen una muy alta alcalinidad (muy bicarbonatadas, en especial Dos Aguas); alta dureza y, aunque la presencia de cloruros (Cl) es baja, la elevada concentración de ion sulfato (SO_4^{2-}), que supera con mucho los 450 p.p.m. establecidos, en especial en Ribancera, las hace de gusto salado y amargo, además de no saciar la sed. Su asociación con valores altos en Mg y Na le confieren, en especial a Dos Aguas, propiedades laxantes.

En síntesis, creemos que existen argumentos suficientes para identificar la laguna y la referencia a las dos fuentes-cañahejas de *Ombrios*, respectivamente, con la existencia en el siglo I a.C. de un lago natural temporal formado en el interior de la Caldera de Taburiente por el deslizamiento de Risco Liso, y con las propiedades de las plantas y las aguas de la margen izquierda de la Caldera, procedentes de la cuenca del Barranco del Almendro Amargo, y de la margen derecha (Barranco de Taburiente), que se mezclan en Dos Aguas. Por ello, dicha observación realizada por los expedicionarios sobre las propiedades de las aguas y de las plantas en absoluto debe entenderse como fantástica, sino como resultado de la verificación empírica de sus propiedades, basada en los métodos de análisis empleados en la Antigüedad o de la simple fortuna. Por último, la mención a la ausencia de *vestigios de ninguna edificación* que los expedicionarios pudieran reconocer como arquitecturas de la Antigüedad está probada arqueológicamente, aunque ésta es una característica que comparte con otras islas.²⁰

Sin duda, la isla denominada *Canaria* se identifica con Gran Canaria. De hecho, ésta es la única isla que ha conservado su nombre invariable desde la *Historia Natural* de Plinio, con excepción del adjetivo “Gran” que se remonta a la Alta Edad Media. Juba II, o quizás Plinio, explica su etimología a partir del vocablo latino *canis* debido a la existencia de *infinidad de perros de enorme tamaño*. Sin embargo, su etimología se ha derivado, también, de *canna*, nombre genérico que engloba a las *Euphorbias*; de *cananeo* (fenicio); de *canaani*, que se leería como cananeo; de *canarii*, por los habitantes del Atlas mencionados por Plinio; de *gannari*, término que hace alusión a Cabo Jubi y a los gannari del reino de Ganar, etc. Como quiera que sea, la isla de *Canaria* es la mejor descrita y de ella se destaca la impronta humana en el paisaje, a excepción de la presencia misma de seres humanos: *restos de edificaciones*,

perros,²¹ miel y papiro. La referencia a los *restos de edificaciones* es muy significativa pues, junto al templo de *Junonia* El Hierro, es la única mención expresa a estructuras arquitectónicas en las islas. Ambos elementos, el templo de *Junonia* El Hierro y los restos de edificaciones de *Canaria*, debieron de constituir vestigios arquitectónicos evidentes y reconocibles como tales para gentes romanizadas, y no cuevas o “construcciones aborígenes”, es decir, a los ojos de los expedicionarios indicarían la presencia indiscutible de vestigios de pobladores “civilizados” del ámbito mediterráneo. Gran Canaria cuenta con numerosos vestigios arqueológicos y referencias documentales de asentamientos con morfología urbana en los que pueden reconocerse elementos arquitectónicos mediterráneos, tales como el asentamiento de Gáldar, el más importante, Telde, Agüimes, Arguineguín y La Aldea. La mención de *perros de enorme tamaño*, necesariamente introducidos por el hombre, constituye otra referencia a poblamiento humano. Su talla *enorme* debe entenderse relacionada con una constitución robusta en origen y no como resultado de un proceso adaptativo insular, difícil de aceptar en apenas algunos siglos. En cuanto a la referencia a la miel cabe señalar que ésta implica la presencia de abejas y por tanto la concurrencia del elemento antrópico. Esta abundancia de abejas, al igual que de dátiles, también es consignada en las crónicas y documentos renacentistas que insisten en destacar su abundancia. La mención del papiro, del que Plinio (*nat.* 13.71-73) señala que nace en el Nilo y el Eufrates, cerca de Babilonia, es significativa, pues sólo menciona su presencia fuera de su región de origen en Gran Canaria (*nat.* 6.205) y el Níger (*nat.* 5.44).

Entre los elementos paisajísticos naturales se citan piñas (piñones) y siluros. La presencia de extensos bosques de pinos está constatada en toda la mitad suroeste de la isla hasta el siglo xv (Santana, 2001), donde aún hoy subsisten masas de consideración (Tamadaba, Inagua y Pajonales), y la presencia de siluros, que deben identificarse con anguilas, y consecuentemente con la existencia de ríos, está constatada en todas las islas (Lorenzo, *et al.*, 1999). En Gran Canaria, las anguilas se citan repetidas veces en documentos desde el siglo xviii (Santana *et al.*, 1992). Siguiendo la relación de cauces permanentes que P. Madoz cita en el siglo xix, en Gran Canaria existieron al menos 26 ríos y numerosos arroyos con posibilidad de contener estos peces. Indudablemente, la presencia de estos elementos del paisaje en tiempos de la expedición sería enormemente superior a la actual, pues la isla aún no había experimentado la intensa desertización que sufrió después del siglo xv como consecuencia del desarrollo de la agricultura para la exportación.

A modo de conclusión, puede afirmarse que las islas mejor conocidas, en tanto que son las mejor y más extensamente descritas, fueron La Palma y Gran Canaria. La primera, por ser el lugar donde se debió medir el meridiano y donde se debió establecer una base topográfica para calcular las distancias entre las Canarias occidentales, lo que permitió reconocer el interior de la Caldera, con su lago y las fuentes-cañahejas; la segunda, porque en ella también se debió de establecer una base de medición, pues queda oculta desde La Palma por Tenerife, y por ser la que más interés suscitó por su alto grado de antropización, en particular, por *los restos de edificaciones* y los *perros de enorme tamaño* y, en general, por los vestigios de poblamiento mediterráneo (dátiles, miel y papiro) (Figura 4).

LA TECNOLOGÍA CARTOGRÁFICA ROMANA

Por último, creemos necesario contribuir a despejar dudas sobre nuestra hipótesis haciendo constar la suficiente capacidad científico-técnica de la civilización romana para realizar una empresa como la propuesta. La capacidad naval de la civilización romana para navegar hasta las Islas Canarias está fuera de toda duda (Pomey, 1997), por más que entre un considerable

sector de los investigadores sea negada, sin fundamento alguno. En cuanto a la capacidad científico-técnica para la consecución del objetivo principal de la expedición, la obtención de datos para establecer el meridiano principal, resulta también suficientemente probada, pues en torno a finales del siglo I a.C., la tecnología romana resultaba suficiente para realizar dichos cálculos sin gran dificultad. En concreto, se disponía, y se utilizaba comúnmente, una amplia gama de aparatos e instrumentos que permitían obtener, incluso con anterioridad, datos geográficos con suficiente precisión tales como ábacos,²² astrolabios,²³ dioptras,²⁴ gromas,²⁵ anemoscopios,²⁶ gnomotes,²⁷ clepsidras²⁸ y odómetros.²⁹

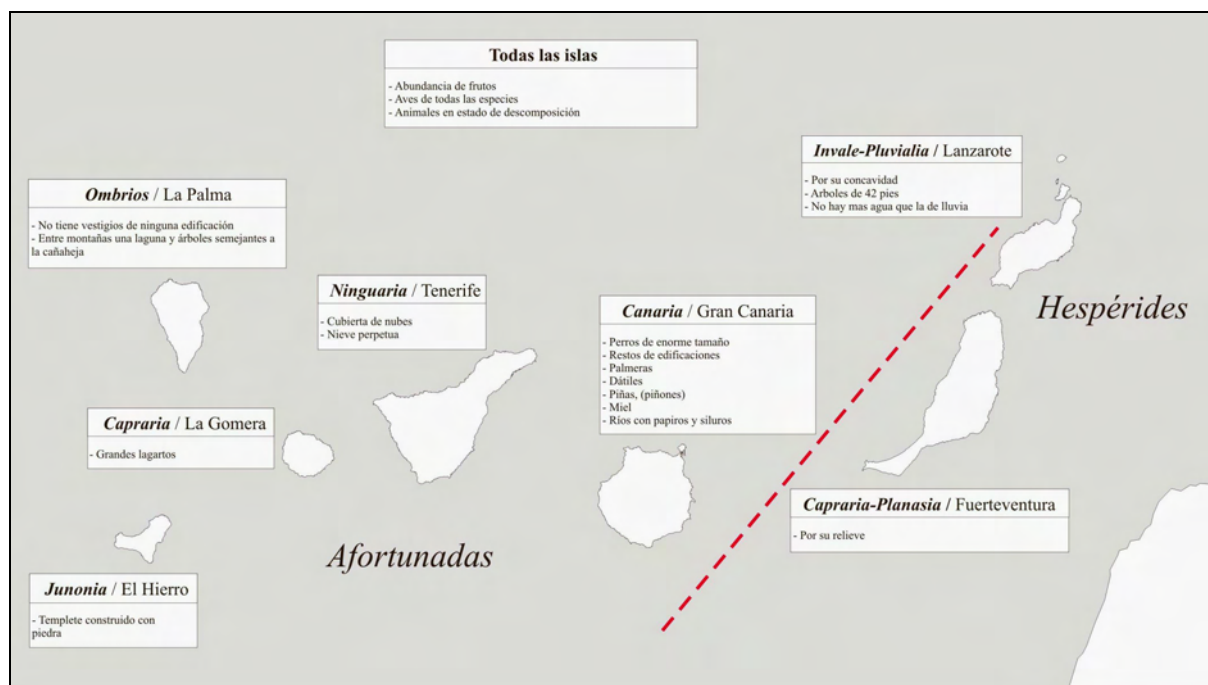


Figura 4. Elementos paisajísticos mencionados en la descripción de las Hespérides de Seboso y de Las Afortunadas de Juba II.

CONCLUSIONES

Todo lo expuesto anteriormente, junto a otros trabajos previos, creemos que nos permite concluir, al menos como una hipótesis a considerar, que la expedición organizada por Juba II a las Afortunadas fue realizada con el objetivo principal de determinar su posición para utilizarla como meridiano principal del *Orbis Terrarum* y tuvo lugar entre los años 24/25 y 12/7 a.C. Plinio trasmite la ruta que sigue la expedición para acceder al archipiélago por La Palma, donde se establece una base topográfica, y continuar por El Hierro, La Gomera y Tenerife, para concluir en Gran Canaria, donde se establece una segunda base topográfica. La larga estancia en La Palma y Gran Canaria con tal propósito explican la amplia descripción que trasmite Plinio el Viejo.

FUENTES

Abreviaturas utilizadas en las fuentes clásicas

Caes. *Gall.* = C. Julio César, *Guerra de las Galias*
MELA: Pomponio Mela, *Corografía*
PLIN. *nat.*: Plinio, *Historia natural*
Plu. *Sert.*: Plutarco, *Vidas paralelas. Sertorio*
Plu. *Caes.*: Plutarco, *Vidas paralelas. César*
Plu. *Sila*: Plutarco, *Vidas paralelas. Sila*
RE: Pauly, A. F. v. y Wissowa, G., *Realencyclopädie der classischen Altertumswissenschaft*.
OCD: *The Oxford Classical Dictionary*

CAESAR, Caius Iulius, *Libri VII De bello Gallico*, R. du Pontet (ed.), Oxford University Press, Oxford, 1968.

MELA, Pomponius, *De Chorographia Libri Tres una cum Indice Verborum*, Ranstrand, G. (ed.). *T.L.L.* CD-ROM, Packard Humanities Institute, (MELA), 1971.

PLINIUS SECUNDUS, C., *Naturalis Historiae Libri XXXVII*. Vols. 1-5. Mayhoff, C. (ed.). Teubner, Leipzig / *T.L.L.* CD-ROM. Packard Humanities Institute. (PLIN. *nat.*), 1892-1909.

PLINY, *Natural History*, Rackham, H. et al. (ed., tr.), Harvard University Press, Cambridge (Mass.) – London, (PLIN. *nat.*), 1991 [1938-1963].

PLINE L'ANCIEN (1950-), *Histoire Naturelle*. Beaujeu, J. et al. (eds.), Les Belles Lettres, Paris, (PLIN. *nat.*)

PLINIO el Viejo, *Historia Natural*, I-VI. Fontán, A. et al. (trs.), Gredos, Madrid, (PLIN. *nat.*), 1995-1998.

PLUTARCH, *Live*, Perrin, B. (ed., tr.), Harvard University Press, Cambridge (Mass.) - London. (Plu. *Sert. Caes. Sila*), 1971.

PTOLOMAEUS, *Tetrabiblos*, Robbins, F.E. (ed., tr.), Harvard University Press, Cambridge (Mass.) – London, 1980.

VITRUVIUS, *De Architectura. Livre VIII*. Callobat, L. (ed., tr.), Les Belles Lettres, Paris, 1973.

VITRUVIO, M., *Los diez libros de arquitectura*. Ortíz y Sanz, J. (tr.), Edición de 1987, Akal, Madrid, 1987 [1787].

VITRUVIUS, *On Architectura*, Granger, F. (ed., tr.), Harvard University Press, Cambridge (Mass.) – London, 1983-1985.

BIBLIOGRAFÍA

ABREU GALINDO, Fray J. de, *Historia de la conquista de las siete islas de Canaria*, Edición crítica con Introducción, Notas e Índice por A. Cioranescu, Goya Ediciones, Santa Cruz de Tenerife, 1977 [1632].

ARCOS PEREIRA, T., y SANTANA SANTANA, A., “Plinio, *nat.* VI, 203: ¿*Ortus u Occasus petatur?*”, en *Latomus, Revue d'études latines*, 63, 2003.

DILKE, O.A.W., *Greek and Roman Map*, Thames and Hudson LTD. London, 1985.

GARCÍA RAMÓN, J.L. y GARCÍA BLANCO, J., Traducción y notas a los libros I-II de la *Geografía* de Estrabón, Gredos, Madrid, 1991.

HERRERA PIQUÉ, A., *Las Islas Canarias, escala científica en el Atlántico. Viajeros y naturalistas en el siglo XVII*, Ed. Rueda, Madrid, 1987.

LORENZO PERERA, M.J., JIMÉNEZ MEDINA, A. y ZAMORA MALDONADO, J.M., *La anguila. Estudio Etnográfico, Pesca y Aprovechamiento en las Islas Canarias*, Ayuntamiento de Arucas, Cabildo de Tenerife y Centro de la Cultura Popular Canaria, Santa Cruz de Tenerife, 1999.

OLSEN, O., *La conquête de la Terre*, Paris, 1934.

PALMA, W. di, *Abaco e groma. Strumenti di calcolo nell'antica Roma*, Árgos, Roma, 1993.

PAULY, A. F. v. y WISSOWA, G., *Realencyclopädie der classischen Altertumswissenschaft*, A. Druckenmüller, Manchen, (RE), 1894.

NAVARRO LATORRE, J.M., *Estudio geológico del Parque Nacional de la Caldera de Taburiente*, Informe, 1994.

POMEY, P., *La navigation dans l'Antiquité*, EDISUD, Aix-en-Provence, 1997.

SANTANA SANTANA, A., SUÁREZ, C., RODRÍGUEZ, C., GRANDÍO, E., PÉREZ, E., LÓPEZ, L.F., PÉREZ, M. y SÁNCHEZ, S., *Memoria del proyecto de investigación paleontológica, sedimentológica y palinológica del yacimiento de la desembocadura del Barranco de La Aldea de San Nicolás de Tolentino*, Memoria presentada ante el Gobierno de Canarias, ejemplar de la Biblioteca de Humanidades, ULPGC, 1985.

SANTANA SANTANA, A. y MORENO MEDINA, C., “A propósito de la descripción de Chil y Naranja sobre los Tilos de Moya”, en *Vegueta*, 1, 1992, pp. 383-397.

SANTANA SANTANA, A., *Evolución del paisaje de Gran Canaria (siglos XV-XIX)*, Cabildo de Gran Canaria. Madrid, 2001.

SANTANA SANTANA, A. y ARCOS PEREIRA, T., ATOCHE PEÑA, P. y MARTÍN CULEBRAS, J., *El conocimiento geográfico de la costa noroccidental de África en Plinio: la posición de las Canarias*, OLMS, Hildesheim · Zurich · New York, 2002a.

SANTANA SANTANA, A. y ARCOS PEREIRA, T.: “El conocimiento geográfico del Océano en la Antigüedad”, en *Eres (Arqueología)*, 10, pp. 9-59, 2002b.

VERNET, J., “Influencias musulmanas en el origen de la cartografía náutica”, en J. Vernet (1979), *Estudios sobre historia de la ciencia medieval*, pp. 355-382, Universidad de Barcelona y Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, 1979a.

VERNET, J., “La navegación en la Alta Edad Media”, en J. Vernet (1979), *Estudios sobre historia de la ciencia medieval*, pp. 383-441, Universidad de Barcelona y Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, 1979b.

NOTAS

- ¹ Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto de investigación titulado *El conocimiento geográfico de África en la Historia natural de Plinio el Viejo* (BSO2002-03112), financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, el Plan Nacional de Investigación Científica y fondos FEDER, y se enmarca en la actividad del grupo de investigación *Juan de Iriarte* de la ULPGC, en su línea de investigación sobre *Geografía Antigua, Medieval y Renacentista*.
- ² Aunque comúnmente se atribuye a Tolomeo (90 - 188 d.C.) la localización del meridiano principal en las Afortunadas, la tradición cartográfica admite que tal hecho es obra de Marino de Tiro (c siglo II d.C.), antecesor de Tolomeo en la dirección de la Biblioteca de Alejandría.
- ³ El gnomón se emplea en Caldea y Egipto desde el III milenio a.C. y su uso, además de permitir observar y medir la regularidad del moviendo de las sombras, permite inferir la necesidad teórica de la existencia del Ecuador.
- ⁴ Durante el siglo I a.C. Posidonio de Apamea generaliza el uso del meridiano de Rodas.
- ⁵ Según O. Dilke (1985), los primeros mapas romanos de gran y mediana escala datan de la República y están relacionados con las centuriaciones, aunque según Varrón en el siglo I a.C. se realizan mapas regionales, como el de Italia, al que se refiere como un *mapa pintado*.
- ⁶ El Mapa de Agripa fue el primer mapa romano que se acompañó de notas o comentarios (memoria), pues, al sobrepasar las riberas mediterráneas, por vez primera abarcaba regiones desconocidas para la mayoría de los romanos y, por tanto, era necesario añadir un comentario. Además, en él se hace un inventario del Imperio (Dilke, 1985).
- ⁷ Pensamos que la proyección cónica que utiliza Tolomeo en su primer mapa lo que perseguía era, precisamente, corregir la deformación, al menos, de los meridianos proyectándolos rectos, dotando al mapa con ello de la propiedad conocida como fidelidad de eje, aunque en su segundo mapa volvió a un modelo similar al de Agripa, con paralelos y meridianos curvos.
- ⁸ Estos geógrafos fueron: Nicodemus o Nicodoxus (Este: la Ecumene situada al Este de Asia Menor); Didymus (Oeste: Europa excepto el mundo helénico y Asia Menor); Theodotus o Theodocus (Norte: mundo helénico y Asia Menor); y Polyclitus (Sur: África)
- ⁹ Juba II de Mauritania debió de nacer a principios de la década de los años cuarenta del siglo I a.C. y murió en el año 23/24 d.C. Reinó en la Mauritania Tingitana, por decisión de Augusto, con el nombre de *Rex Iuba*, desde el año 25 a.C. hasta su muerte. En el terreno científico Juba II contó con una sólida formación que adquirió durante su estancia en Roma, en la que asimiló conocimientos romanos y griegos. Alcanzó un reconocido prestigio y se le erigió una estatua en Atenas, ciudad en la que era admirado a pesar de no haber estado nunca en ella. Plutarco (*Caes.* 9; *Sila* 87; *Sert.* 9) le consideró “el mejor historiador que haya existido entre los reyes y de los más sabios historiadores del mundo griego” (*Caes.* 55), y Plinio escribió de él que fue “más memorable por el renombre de sus estudios que por *su* reinado” (*nat.* 5.16). Debió de escribir entre nueve y once obras (RE: 2.388,10), en unos 52 volúmenes: 1) una sobre Hannón; 2) una obra, conocida como *Libica*, en la que trataba la fauna, la flora y la historia de Mauritana, incluida la cordillera del Atlas, y de Egipto de forma comparada, donde se incluye el famoso volumen dedicado a la euforbia (*nat.* 5.16); 3) una sobre Arabia, conocida como *Arabica*, redactada por encargo de Augusto, de la que se piensa que tenía un contenido geo-etnográfico y que describía Arabia y la costa del Índico, tratando la fauna, la flora y las gemas y detallando, con precisión, la historia de las ciudades desde su fundación y las rutas comerciales; 4) una obra sobre la historia de Roma que abarcaba hasta las Guerras Civiles; 5) una de historia de Asiria; 6) una que trataba comparativamente las costumbres e instituciones griegas y romanas e una perspectiva lingüística; 7) una sobre gramática; 8) una de Fisiología, en cuatro libros; 9) ocho libros sobre pintura; 10) dieciocho libros sobre Historia del Teatro y la Filología; y 11) un libro, dudoso, sobre agricultura. Por último, hay que destacar su experiencia en la

organización de expediciones, tanto dentro como fuera de Mauritania, de algunas de las cuales se sabe que formó parte. Una de las primeras en las que participó fue en la campaña de Augusto contra los astures y cántabros en el 26/25 a.C. Colaboró, al menos como consejero adjunto a Isidoro de Charax, en la organización y preparación de la expedición de Cayo César contra los árabes y nabateos, realizada entre los años 1 y 4 d.C., para la que Augusto le encargó la redacción de libro titulado *Arabica*. Organizó varias expediciones políticas, militares y científicas a los confines de su reino, entre las que se debe incluir la expedición a las Afortunadas.

- 10 Con esta operación todos los puntos de la Ecumene quedan situados al Norte del Ecuador y al Este del meridiano principal, lo que facilita considerablemente los cálculos. La actual red de coordenadas UTM ideada por EE.UU. adopta la misma solución.
- 11 Juba II llegó a desempeñar magistraturas municipales y funciones de patronazgo en dos ciudades de Hispania que mantenían vínculos étnicos y culturales con el Norte de África: Gades y Cartago Nova que, además, gozaban de un estatuto privilegiado concedido por César y Augusto. Los cargos que desempeñó fueron los de *Duouir* de Gades y *Patronus* y *Duouir quinquenal* de Cartago Nova.
- 12 “los que han probado una mueren de risa, así para los afectados por este mal el remedio es beber de la otra” (MELA 3.102).
- 13 El Ocaso invernal está situado, según los anemoscopios antiguos, a 20° hacia el Sur de la línea equinoccial, en S70°O.
- 14 La distancia real en línea recta es de 364 km, lo que da una diferencia de sólo 11 km respecto a la estimación de Juba II.
- 15 Este hecho hace dudar de la posibilidad apuntada por O. Dilke (1985) de que el mapa de Agripa tuviera hacia arriba el Sur y no el Norte.
- 16 Louis Feuillée realizó en 1724 un viaje a las Islas Canarias por encargo de la Academia de Ciencias de Francia con el objeto de establecer la posición de la isla de El Hierro para utilizarla como meridiano de origen de la cartografía francesa (Herrera, 1987: 2-31). L. Feuillée, aplicando métodos no muy distintos a los que pudo utilizar la expedición de Juba II, calculó, basándose en la observación de Júpiter y su diferencia horaria respecto a París, Lisboa y Roma, la longitud de La Laguna y La Orotava, en Tenerife, y la de Valverde de El Hierro, donde estableció una base topográfica. Asimismo, midió las distancias entre La Palma, Valverde y La Orotava y la altura del Teide. Los instrumentos que utilizó para tal propósito fueron rudimentarios: un antejo o telescopio, un micrómetro, un semicírculo, un cuarto de círculo, un cuadrante, un octante, una cuerda de 10 toesas, seis tubos de cristal y mercurio para las observaciones barométricas, dos termómetros de espíritu de vino, barómetros y un reloj de péndulo.
- 17 Esta información ha hecho pensar, como es lógico, que Juba II no participó en la expedición.
- 18 Barranco del Almendro Amargo, Barranco del Salto del Agua, Barranco del Castro, Barranco Hoyas de los Pinos y Barranco de Ganagua.
- 19 *Directiva Europea 80/778/CEE*, aprobada en España por Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre de 1990.
- 20 Sólo Gran Canaria, Lanzarote y Fuerteventura cuentan con referencias documentales y vestigios arqueológicos protohistóricos de estructuras que pueden calificarse como arquitectónicas.
- 21 En la excavación LALDEA'84 (Santana *et al.*, 1984) se hallaron restos de mamíferos correspondientes a una rata denominada *Canariomys tamarani*, descrita por primera vez en esta excavación, un ratón, una cabra y un canino de perro, indicadores todos ellos de presencia humana.

- ²² Los ábacos fueron calculadoras muy utilizadas durante la Antigüedad (desde el 3000 a.C.). Los romanos los construían en piedra, mármol y metal y podían ser de fichas o de cuentas móviles (Palma, 1993). Hay que señalar también que los griegos manejaban una “tabla de cuerdas”, de la que deriva la tabla de senos india, que permitía resolver funciones trigonométricas mediante procedimientos lineales (Vernet, 1979b: 413, n. 85).
- ²³ Los astrolabios se construyeron en Mesopotamia desde, al menos, el 1400 a.C. y fueron introducidos en Grecia por Hiparco de Nicea en el siglo II a.C. (194-120 a.C.). En sí, estos sofisticados instrumentos constituyen una proyección estereográfica de la esfera celeste sobre el plano ecuatorial con centro en el Polo Norte y permiten medir con exactitud los ortos solares y los de las estrellas fijas. Con ellos, desde el siglo VII a.C., al menos, en el Próximo Oriente se predecían eclipses lunares y se calculaban los movimientos del Sol, la Luna y otros planetas. Con los datos obtenidos con ellos se construyeron almanaques, compuestos de “tablas de declinación solar” de origen muy antiguo, ampliamente extendidas durante la Antigüedad y que figuran, por ejemplo, en el *Almagesto* de Tolomeo (1.12).
- ²⁴ La dioptra permitía calcular la altura de los objetos y realizar operaciones geodésicas. Hay constancia (García *et al.*, 1991: 436, n. 146) de que es usada por Hiparco de Nicea, en el siglo II a.C. (194-120 a.C.), para “determinar la distancia de las estrellas respecto al meridiano” y por Herón de Alejandría, hacia el siglo I d.C., para medir la altura de las montañas.
- ²⁵ Las gromas eran instrumentos que permitían trazar alineaciones y realizar mediciones sobre el terreno y fueron ampliamente utilizadas en las parcelaciones, pudiendo emplearse en el caso que nos ocupa para establecer bases topográficas sobre el terreno y observar los astros. Plinio dice que con ella “en la época del equinoccio se ven en la misma línea el Orto y el Ocaso; en el solsticio de verano, el Orto y, en el solsticio de invierno, el Ocaso se ven en su propia línea” (*nat.* 2.176).
- ²⁶ Los anemoscopios, basados en el mapa de vientos de Aristóteles (Dilke, 1985: 28), permitían establecer la orientación de los vientos y la situación de los equinoccios y solsticios. Consistían en un cilindro de mármol con agujero central para insertar un poste con banderola, y pequeños agujeros periféricos para marcar los vientos.
- ²⁷ Los gnomones permitían medir con precisión la latitud de los lugares a partir de la resolución del triángulo formado por un objeto perpendicular a un plano, el gnomón propiamente dicho, y su sombra. Se emplearon en Caldea y Egipto, y, probablemente, fueran introducidos en Grecia por Anaximandro en el siglo VII-VI a.C., si no antes, aunque Plinio atribuye tal mérito a Anaxímenes de Mileto, discípulo del anterior, en el siglo VI a.C. Con ellos, en el siglo III a.C., Eratóstenes calculó con sorprendente precisión la medida de un meridiano terrestre. Plinio menciona las distintas medidas que se obtienen con él en el mediodía de los equinoccios, en distintos lugares, y escribe que, en Egipto, “alcanza uno medida de poco más de la mitad del gnomon; en Roma, a la sombra le falta la novena parte del gnomon; en la ciudad de Ancona, la sombra lo sobrepasa una treintaicincoava parte; en la zona de Italia que se llama Venecia, a las mismas horas, la sombra llega a ser igual al gnomon” (*nat.* 2.182). Además, reflexiona sobre el comportamiento de las sombras (*nat.* 2.181-187).
- ²⁸ Las clepsidras o relojes de agua eran de uso frecuente. Su origen es antiguo y permitían medir el tiempo a partir de la observación del nivel de agua en un recipiente, aunque existieron otras más sofisticadas, provistas de flotador, que marcaban la hora mediante un dispositivo mecánico que es un precedente de la relojería (Vernet, J., 1977). Julio César llevó consigo varias durante la conquista de Inglaterra (*Gall.* 5.13), con las que midió y comprobó la duración del día solar, refutando la posición circumpolar de Gran Bretaña. Asimismo, se conoce el uso de relojes de mercurio y de arena que permitían medir la duración del día solar y estimar la longitud a partir de la velocidad de la nave. Se conoce también la existencia de relojes solares portátiles, datados en el siglo III d.C. (Dilke, 1985: foto 6), que permitían determinar la latitud y la fecha.

- ²⁹ Vitrubio (10.9) describe para el cálculo de las distancias marítimas el empleo y las normas de fabricación de unas máquinas de revolución, denominadas odómetros, que permitían medir con precisión la distancia recorrida por una nave mediante un sofisticado mecanismo de cuentarrevoluciones acústico.